

PHÂN TÍCH VÀ THIẾT KẾ HỆ THỐNG

1 Giới thiệu

Yêu cầu xây dựng Phần mềm quản lý sản xuất nhằm mục đích chuẩn hóa lại quy trình, nâng cao hiệu quả hoạt động sản xuất, tối đa hóa năng suất của máy móc từ đó tối ưu được nguồn lực của đơn vị.

Tài liệu này cung cấp mô tả về phân tích và thiết kế hệ thống bao gồm kiến trúc hệ thống, sơ đồ ca sử dụng, sơ đồ luồng dữ liệu, sơ đồ hoạt động, dữ liệu, mô hình hóa dữ liệu, sơ đồ luồng của từng chức năng và thiết kế giao diện người dùng.

2 So sánh với các hệ thống khác

Các hệ thống khác thường đắt tiền và phức tạp để vận hành. Có những ứng dụng web không thân thiện với người dùng và một số chức năng có thể không hữu ích cho doanh nghiệp. Bảng 1 liệt kê các vấn đề liên quan đến các hệ thống khác và so sánh cách giải quyết các vấn đề này.

Các hệ thống khác	Hệ thống đề xuất
Chi phí cao	Chi phí thấp
Giao diện người dùng không thân thiện khó sử dụng cho người dùng không chuyên	Giao diện người dùng thân thiện phù hợp với người dùng chưa từng sử dụng ứng dụng này trước đây
Nền tảng cố định	Nền tảng linh hoạt
Sử dụng nhiều tài nguyên phần cứng	Sử dụng ít tài nguyên
Các chức năng khác không được thiết kế để đáp ứng các yêu cầu khác của nhà máy	Các chức năng trong ứng dụng này sẽ được điều chỉnh theo yêu cầu cụ thể của nhà máy

Bảng 1: So sánh ứng dụng quản lý sản xuất

3 Các đặc tả yêu cầu người dùng

Các thông số kỹ thuật yêu cầu của dự án này được chia thành các loại sau:

3.1 Chức năng

- Người dùng có thể tạo báo cáo hiệu suất và đơn đặt hàng
- Người dùng sẽ nhận được thông báo khi máy bị kẹt hoặc bị gián đoạn (sự cố)
- Người dùng có thể tạo danh sách khách hàng, công nhân, máy móc, tổ đội và sản phẩm

- Người dùng có thể tạo một đơn đặt hàng để tính toán khối lượng công việc, số lượng thực tế, ngày giao hàng, các quy trình bắt buộc và chọn mức độ ưu tiên công việc tốt nhất dựa trên cài đặt cấu hình hiện tại
- Người dùng có thể mô phỏng quy trình làm việc của kế hoạch sản xuất tùy chỉnh (xây dựng khối)
- Người dùng có thể theo dõi tiến độ của các đơn đặt hàng trong dây chuyền sản xuất được sử dụng để tính toán hiệu suất sản xuất

3.2 Phi chức năng

- Có thể làm việc ở chế độ ngoại tuyến
- Tự động sao lưu vào bộ nhớ đám mây
- Thiết kế giao diện người dùng thân thiện
- Dễ sử dụng và trải nghiệm người dùng thân thiện
- Giao diện người dùng đáp ứng cho thiết bị di động
- Kết nối được mã hóa để bảo mật

4 Phân tích yêu cầu người dùng

Phân tích yêu cầu của người dùng mô tả cách người dùng tương tác với hệ thống mới. Các yêu cầu của người dùng như sau.

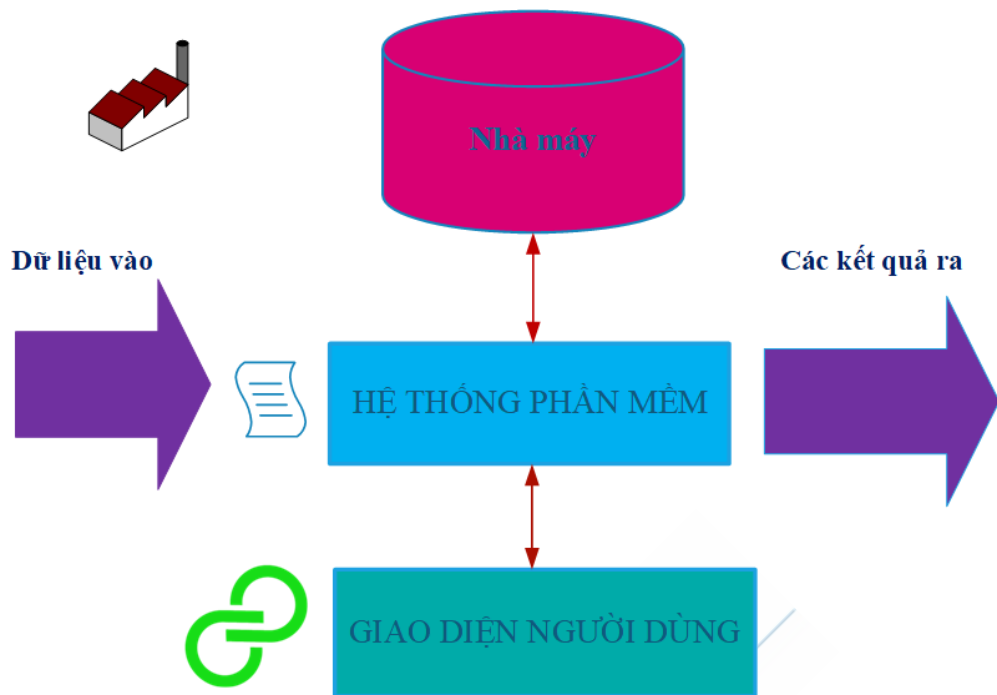
4.1 Người dùng (User)

- Theo dõi tiến độ của đơn hàng sản xuất
- Xem lịch trình quản lý sản xuất
- Xem trạng thái máy
- Tạo báo cáo, đơn đặt hàng và dữ liệu máy

4.2 Quản trị (Administrator)

- Tạo, xóa và sửa lệnh sản xuất
- Thêm, xóa và sửa tài khoản người dùng, sản phẩm, máy móc và tổ đội
- Theo dõi tiến độ đơn hàng sản xuất
- Xem lịch trình quản lý sản xuất
- Xem trạng thái máy
- Tạo báo cáo, đơn đặt hàng và dữ liệu máy

5 Thiết kế hệ thống



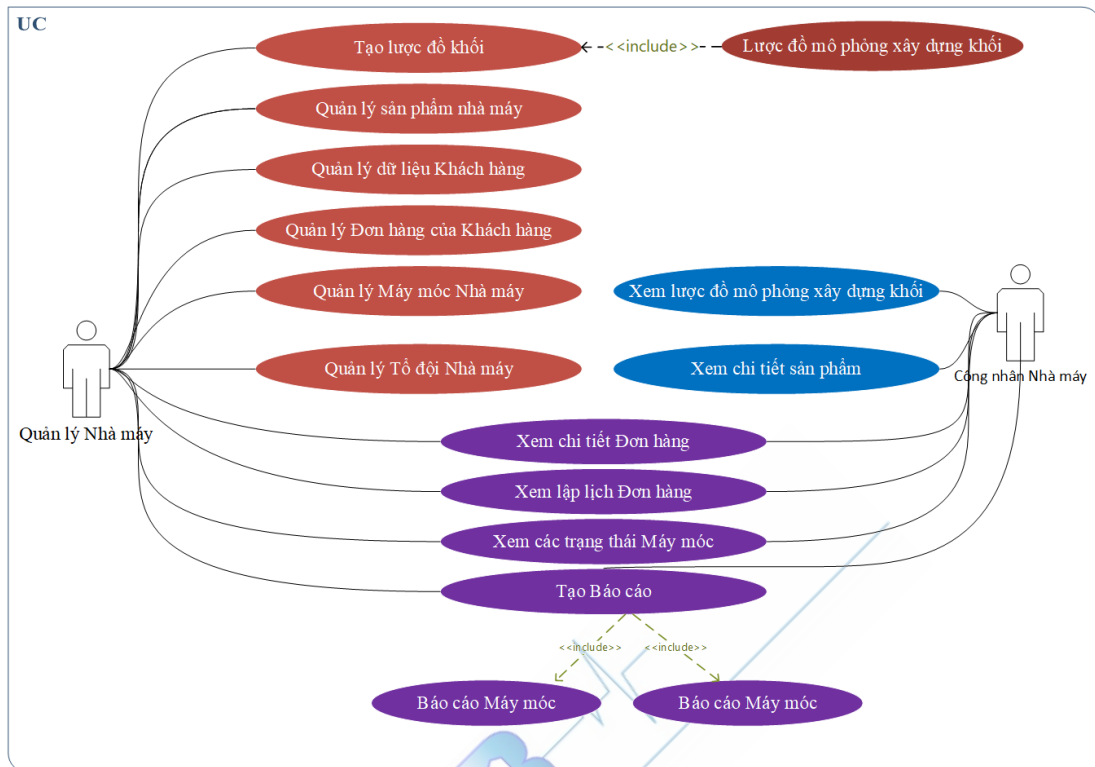
Hình 1 Kiến Trúc Tổng Quát và Thiết kế Hệ thống

Hình 1, biểu diễn cấu trúc mô hình khái niệm tổng thể của hệ thống. Kiến trúc có thể được chia thành ba phần như sau:

Phần đầu tiên là hệ thống phần mềm được lập trình bằng JavaScript. Phần mềm này sẽ lấy dữ liệu đầu vào từ người dùng và tính toán dữ liệu đầu vào được gửi và hiển thị trên Giao diện người dùng (UI). Giao diện người dùng được chia thành 4 phần bao gồm trang tổng quan, trang thiết lập ban đầu, lập kế hoạch và theo dõi. Khi người dùng đăng nhập lần đầu vào phần mềm, hệ thống yêu cầu người dùng nhập dữ liệu ban đầu đã biết về môi trường sản xuất. Dữ liệu này bao gồm thông tin nhà máy, máy móc, tổ đội và sản phẩm.

Trong phần này, người dùng có thể mô phỏng một sơ đồ khối, tạo đơn hàng và theo dõi tiến độ đơn hàng. Phần thứ ba là cơ sở dữ liệu nhà máy được sử dụng để lưu trữ dữ liệu nhận được từ hệ thống phần mềm. Điều này sẽ chuyển đổi dữ liệu thành một loại đối tượng và lưu trữ ở định dạng JSON. Cuối cùng, Cơ sở dữ liệu Firebase thời gian thực của Google xử lý dữ liệu để tối ưu hóa hiệu suất tính toán.

5.1 Lược đồ Use Case



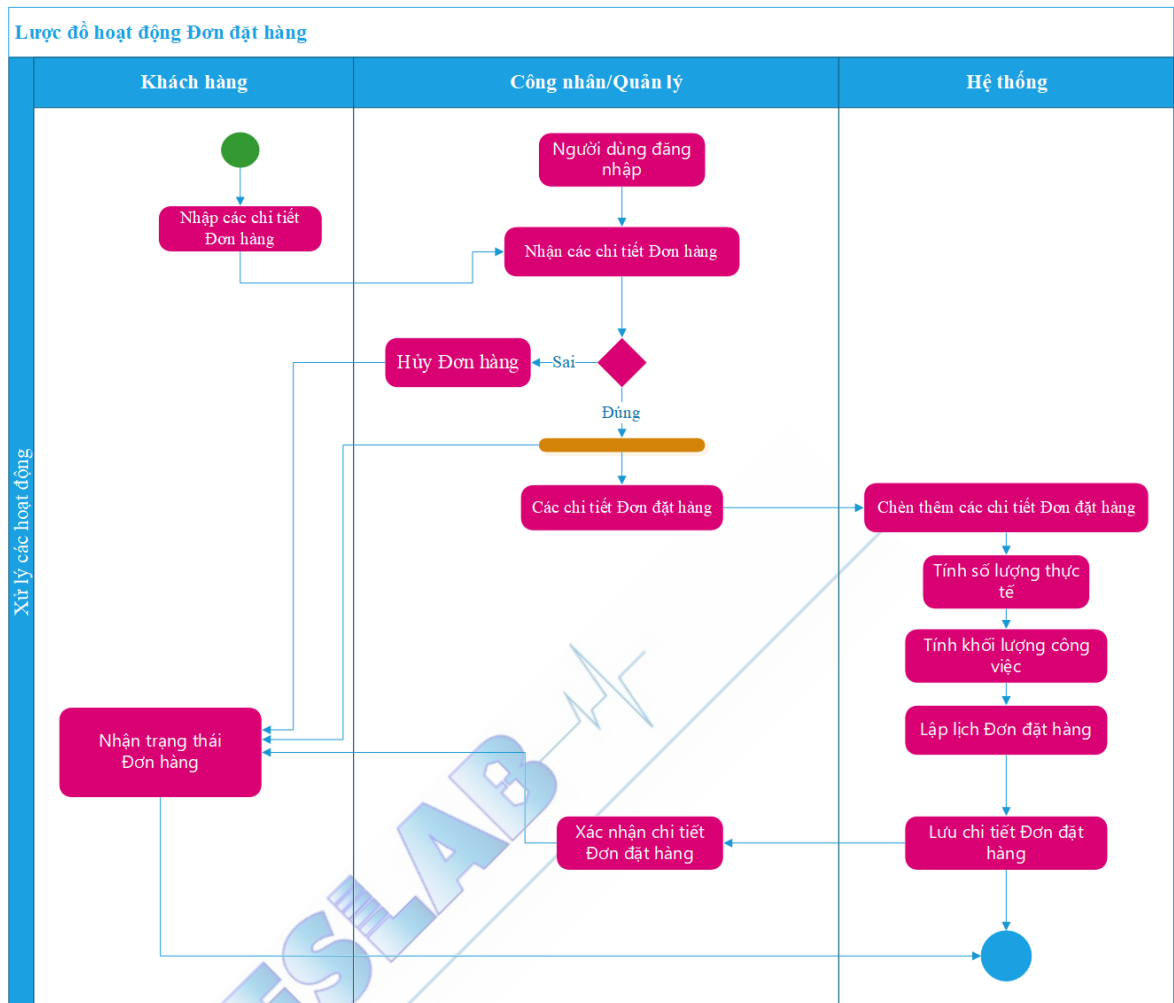
Hình 2 – Lược đồ Use Case của Hệ thống

Lược đồ Use Case nêu bật hai “tác nhân” chính của hệ thống: Quản lý Nhà máy (chủ doanh nghiệp) và công nhân nhà máy và cách các tác nhân tương tác với hệ thống. Chủ doanh nghiệp có thể thực hiện chức năng quản trị chính là thiết lập các phương án mô phỏng xây dựng sơ đồ khối để có hình dung tốt hơn về các quy trình của nhà máy. Chủ doanh nghiệp cũng có thể tạo ra các sản phẩm mà nhà máy sẽ sản xuất, quản lý dữ liệu khách hàng, xử lý các đơn đặt hàng của khách hàng và cung cấp thông tin về máy móc được sử dụng trong quá trình sản xuất. Dữ liệu này sẽ được sử dụng để tạo sơ đồ khối xây dựng. Mặt khác, công nhân nhà máy có thể xem sơ đồ khối xây dựng hoặc chi tiết sản phẩm như đã trình bày. Các hành động chung giữa chủ doanh nghiệp và công nhân nhà máy bao gồm xem chi tiết đơn hàng đến do khách hàng thực hiện, xem lịch đặt hàng tối ưu do hệ thống tính toán và xem tình trạng hiện tại của máy móc nhà máy.

Cuối cùng, cả hai tác nhân đều có thể xem tổng thể máy móc và báo cáo đơn hàng sẽ được tạo.

5.2 Lược đồ hoạt động

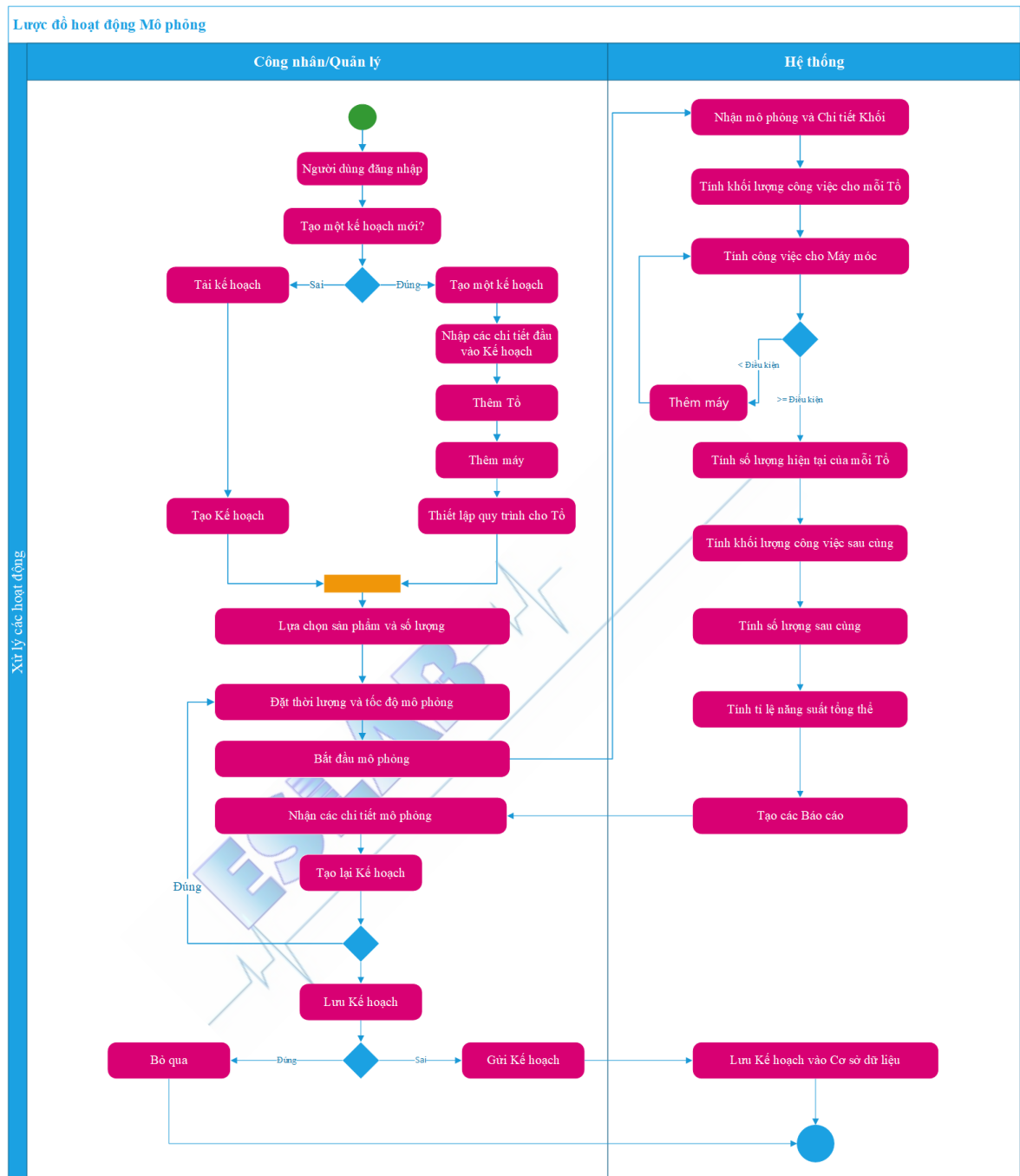
5.2 (a) Tạo hoạt động đặt hàng



Hình 3 (a) Lược đồ hoạt động cho Tạo các đơn đặt hàng

Lược đồ hoạt động thể hiện luồng quá trình kinh doanh xuất hiện trong nhà máy. Hình 3 (a) cho thấy quy trình đặt hàng từ khi khách hàng gửi đơn đặt hàng, tiếp theo là nhân viên chấp nhận hoặc hủy đơn đặt hàng và cuối cùng là hệ thống tính toán số lượng thực tế và khối lượng công việc cần thiết cho đơn đặt hàng cụ thể đó cũng như lưu trữ chi tiết đơn đặt hàng.

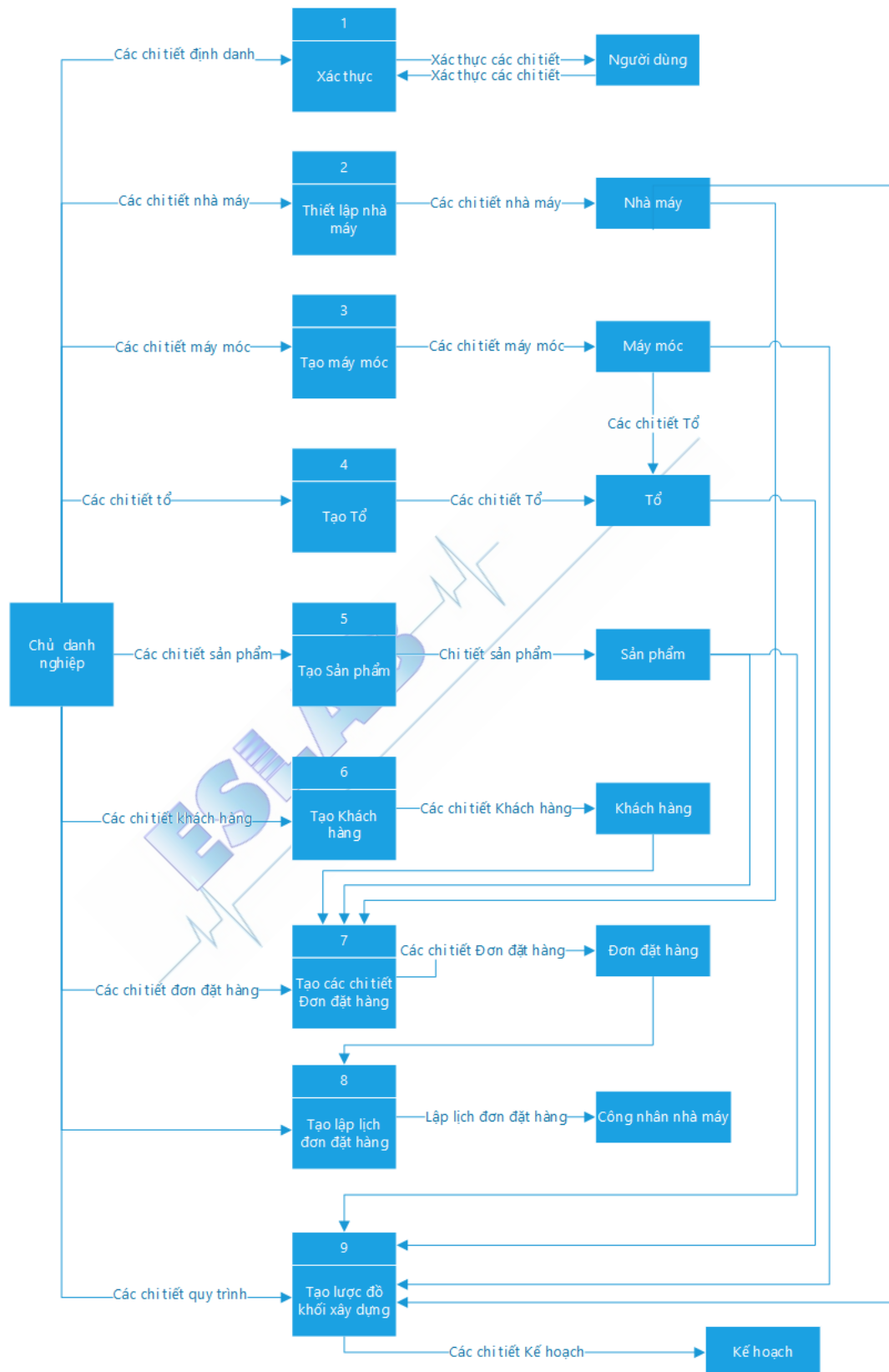
5.2 (b) Tạo hoạt động Kế hoạch sản xuất



Hình 3(b) Lược đồ hoạt động tạo kế hoạch sản xuất

Hình 3(b) cho thấy quy trình tạo sơ đồ khối xây dựng để mô phỏng quy trình làm việc của nhà máy dựa trên dữ liệu từ đầu vào của người dùng (trực quan hóa các quy trình của nhà máy). Hệ thống có thể tính toán tỷ lệ năng suất tổng thể, tạo báo cáo về các chi tiết của nhà máy và lưu các kế hoạch cấu hình hiện tại vào cơ sở dữ liệu để sử dụng trong tương lai.

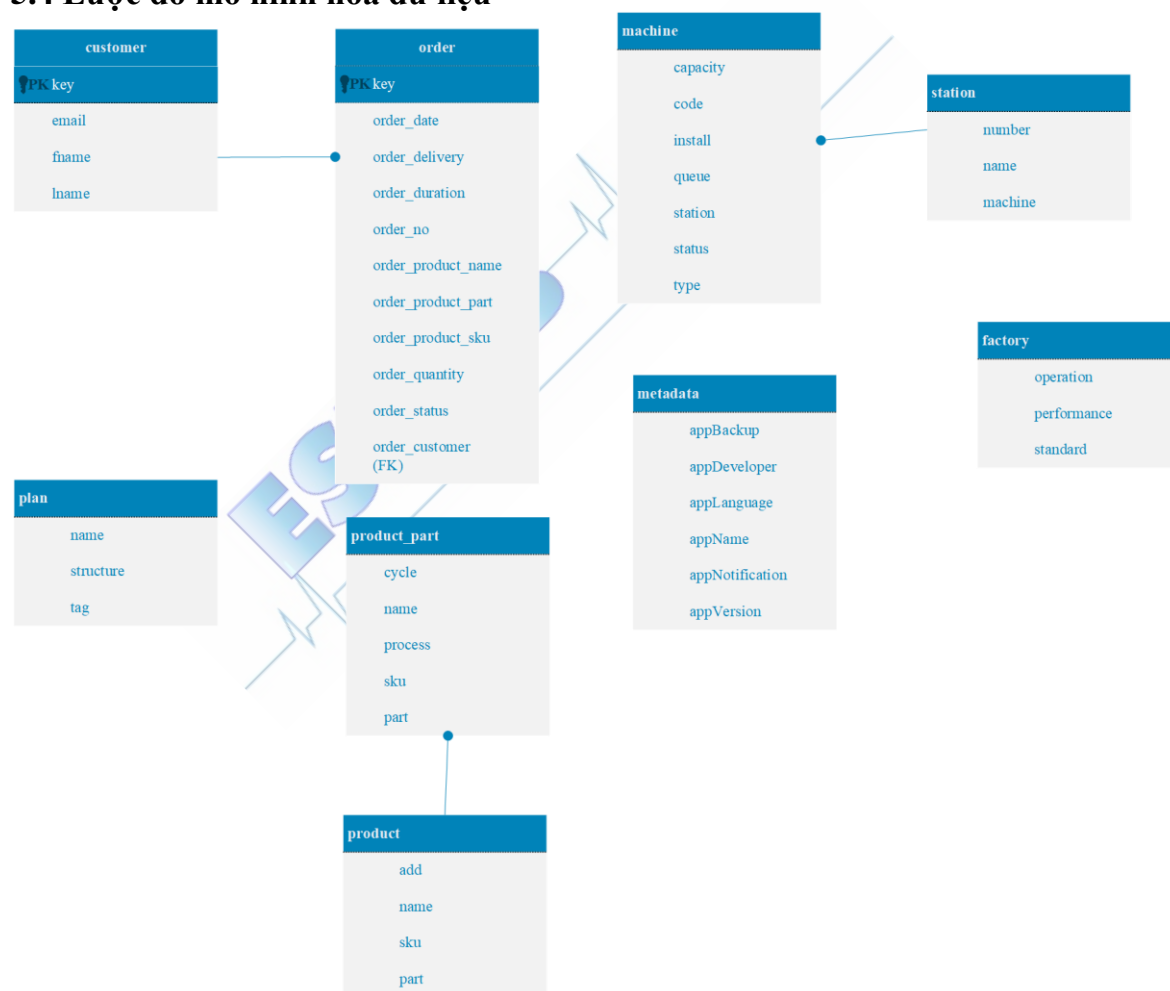
5.3 Lược đồ luồng dữ liệu (Mức 1)



Hình 4 – Lược đồ luồng dữ liệu mức 1 của Hệ thống

Mục tiêu chính của hệ thống là tạo ra một sơ đồ khối xây dựng cung cấp hình ảnh hỗ trợ trực quan toàn bộ giúp người dùng hiểu các quy trình đang diễn ra trên các máy móc của nhà máy. Để tạo sơ đồ khối xây dựng, thông tin ban đầu cần được nhập vào hệ thống. Đầu tiên, người dùng (trong trường hợp này là chủ doanh nghiệp) cần đăng nhập vào hệ thống. Sau đó, người dùng cần nhập thông tin về nhà máy, máy móc, phân nhóm máy trong các tổ, tạo danh sách sản phẩm, nhập chi tiết khách hàng và tạo chi tiết đơn hàng. Mỗi phần dữ liệu có không gian lưu trữ riêng trong cơ sở dữ liệu. Sau khi thông tin ban đầu được nhập, hệ thống sẽ tính toán và lựa chọn lịch đặt hàng phù hợp nhất để tối đa hóa hiệu quả. Sơ đồ khối xây dựng được đưa ra dựa trên các tham số của dữ liệu đầu vào.

5.4 Lược đồ mô hình hóa dữ liệu



Hình 5 –Lược đồ Mô hình hóa dữ liệu của hệ thống

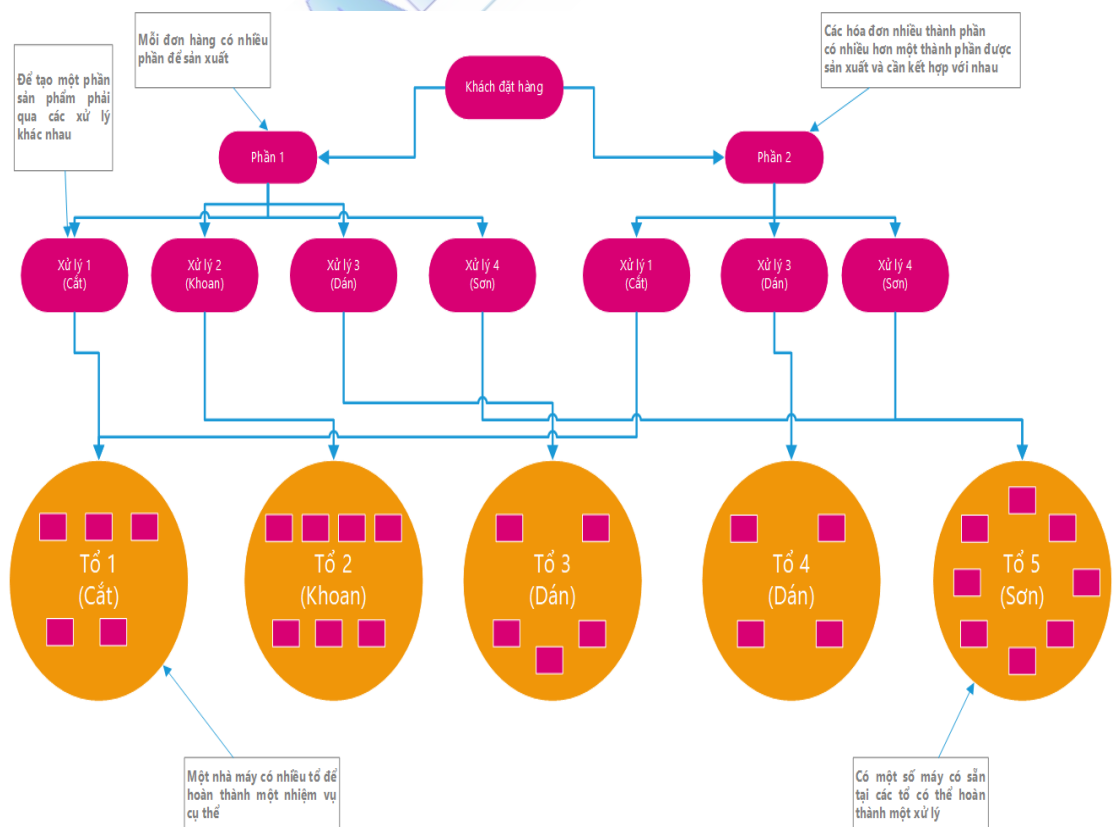
Trong Hình 5, lược đồ mô hình hóa dữ liệu cho thấy mối quan hệ giữa các phần khác nhau của cơ sở dữ liệu. Ví dụ, một khách hàng có thể tạo nhiều đơn hàng, một tổ có thể gồm nhiều máy cùng làm việc và một sản phẩm có thể có nhiều sản phẩm thành phần. Bảng dữ liệu riêng bao gồm thông tin nhà máy, kế hoạch quy trình

làm việc đã lưu từ sơ đồ khối xây dựng tạo trước đó và dữ liệu cho chính ứng dụng web (bao gồm ngôn ngữ và phiên bản hiện tại).

5.5 Lược đồ lưu đồ luồng

5.5.1 Cấu trúc phân chia công việc trong lập lịch

Các doanh nghiệp vừa và nhỏ thường sử dụng lập lịch trình dựa trên công việc để xử lý đơn đặt hàng của khách hàng. Mục tiêu chính của việc lên lịch là giảm thời gian tổng thể để sản xuất một đơn hàng. Điều quan trọng là phải hiểu cấu trúc phân chia công việc của xưởng sản xuất trước khi giải thích các thuật toán lập lịch chính. Một đơn đặt hàng có thể bao gồm một (sử dụng lập lịch nối tiếp hoặc song song) hoặc nhiều phần (sử dụng lập lịch nhiều thành phần). Để hoàn thành một bộ phận (sản phẩm), nguyên liệu phải trải qua một số quy trình tại nhà máy, ví dụ: cắt, khoan hoặc dán. Mỗi quy trình được hoàn thành tại một tổ cụ thể tại nhà máy. Một nhà máy có thể có nhiều tổ hoàn thành một quy trình cụ thể. Ngoài ra, mỗi tổ có một số máy có sẵn được thiết lập để hoàn thành một quy trình. Nói chung, càng có nhiều máy tại một tổ thì càng mất ít thời gian để hoàn thành một quy trình. Hình 6 minh họa một ví dụ về cấu trúc phân chia công việc trong lập kế hoạch nhà máy làm từ trên xuống dưới.



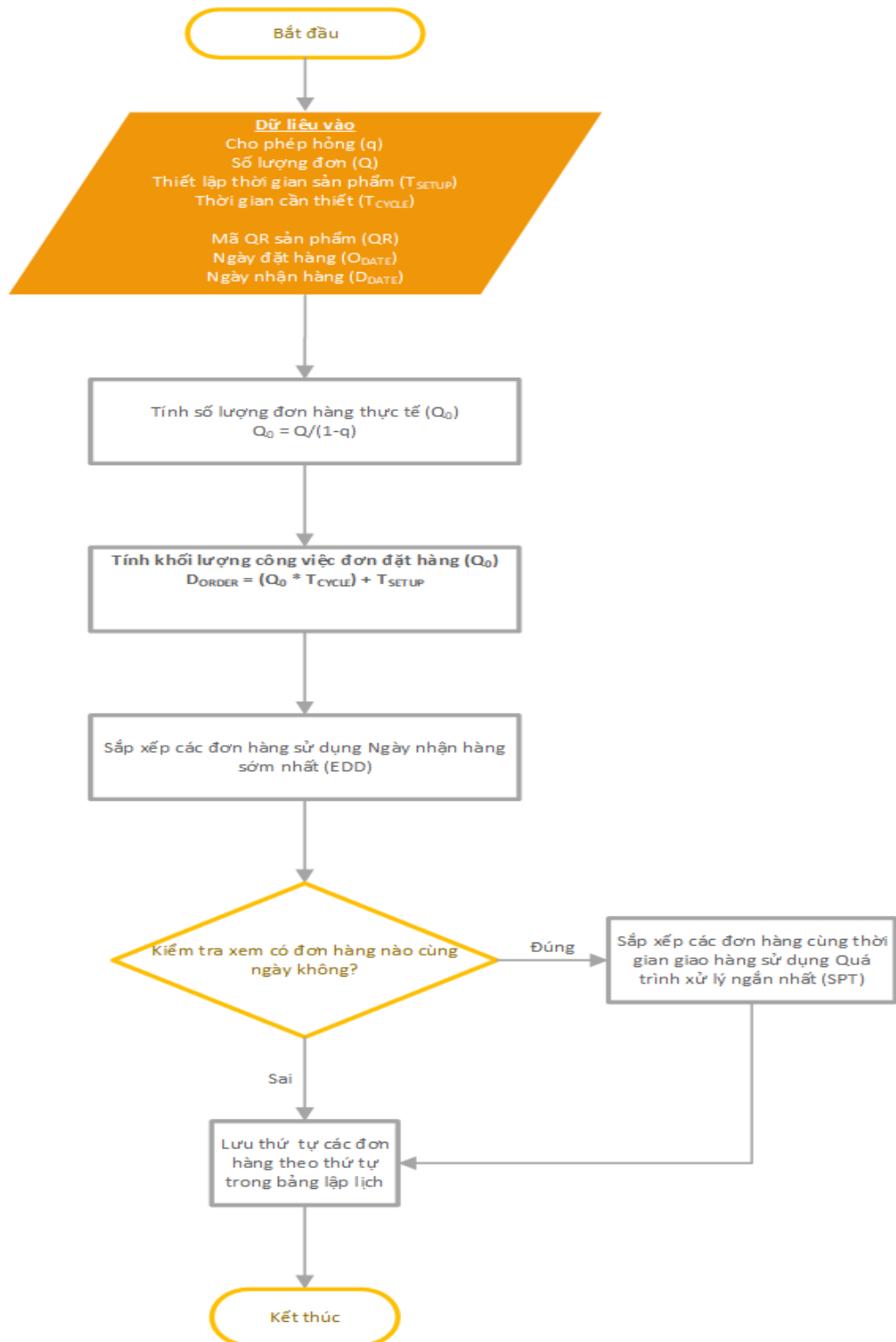
Hình 6 - Ví dụ cấu trúc phân chia công việc trong lập lịch

5.5.2 Đặt hàng theo quy trình lập lịch

Hệ thống đề xuất sẽ lên lịch đơn đặt hàng của khách hàng bằng cách sắp xếp ngày giao hàng và thời gian xử lý. Nó chia nhỏ thứ tự thành các chủ đề nhỏ hơn và sử dụng ba thuật toán chính để lập lịch thứ tự dựa trên lựa chọn của người dùng: lập lịch nối tiếp, song song và đa thành phần được sử dụng để quản lý quy trình và lập lịch khối lượng công việc.

Tuy nhiên, trước khi các thuật toán lập lịch chính được chạy, hệ thống sẽ tính toán khối lượng công việc tổng thể của mỗi đơn hàng và sắp xếp theo thứ tự. Ngày hết hạn sớm nhất có mức ưu tiên cao nhất. Trong trường hợp hai ngày hết hạn giống nhau, hệ thống sẽ hoàn thành đơn hàng có thời gian xử lý ngắn nhất trước. Các đơn đặt hàng đã sắp xếp được lưu trữ trong bảng lập lịch đặt hàng, sẽ được truy xuất trong phần lập lịch chính. Lưu đồ được biểu diễn trong Hình 7.





Hình 7 - Lưu đồ lập lịch trước cho đơn hàng

5.5.3 Quy trình lập lịch công việc

Hệ thống hỗ trợ 3 kiểu lập lịch sản xuất bao gồm nối tiếp, song song và đa thành phần.

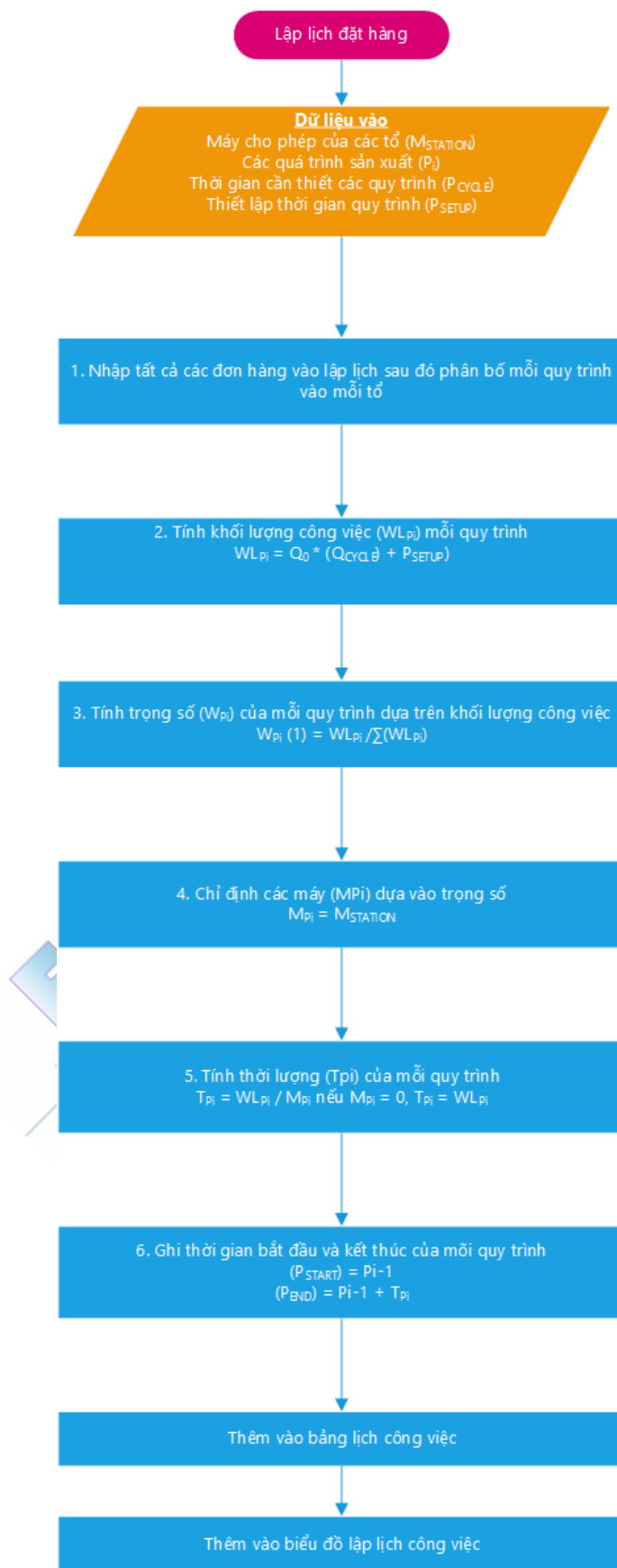
(a) Lập lịch nối tiếp

Trong quy trình lập kế hoạch nối tiếp, mỗi đơn đặt hàng của khách hàng được hoàn thành tại một thời điểm và không trùng lặp với bất kỳ đơn đặt hàng nào khác. Đầu tiên, mỗi đơn đặt hàng đã được lưu trữ trong bảng lập kế hoạch đơn hàng được truy xuất và các quy trình của đơn hàng được phân phối đến các tổ thích hợp trong nhà máy (P_i). Tiếp theo, khối lượng công việc của mỗi quy trình trong đơn đặt hàng được tính toán để xác định thời gian hoàn thành mỗi quy trình (WL_{P_i}). Tại mỗi tổ có một số máy có sẵn có thể hoàn thành một quy trình. Tuy nhiên, để phân bổ đều số lượng máy móc được sử dụng cho quy trình P_i , trọng số được tính bằng cách lấy khối lượng công việc của quy trình cụ thể trong đơn hàng hiện tại (WL_{P_i}) và chia kết quả cho tổng khối lượng công việc của tất cả các đơn hàng khác sử dụng cùng một quy trình. Điều quan trọng cần lưu ý là trong sản xuất hàng loạt, vì chỉ có một đơn hàng được hoàn thành tại một thời điểm nên $WL_{P_i} = 1$. Kết quả sẽ mang lại trọng số 100% (WP_i) sẽ xác định mức độ đòi hỏi của quá trình đó.

Tiếp theo, trọng số (WP_i) có thể được nhân với tổng số máy hiện có cho quy trình đó ($MSTATION$) để có số lượng máy sẽ được phân bổ cho quy trình đó (MP_i). Nếu kết quả chứa số thập phân lớn hơn hoặc bằng 5, hãy làm tròn số máy được sử dụng đến số nguyên gần nhất hoặc làm tròn xuống. Trong sản xuất hàng loạt, một quy trình sử dụng tất cả các máy có sẵn $MSTATION$ có thể hoàn thành quy trình cụ thể đó (P_i), do đó, $(MP_i) = MSTATION$.

Tiếp theo, tổng thời lượng của quy trình cụ thể (TP_i) có thể được tính bằng cách lấy khối lượng công việc ban đầu của quy trình đó WL_{P_i} và chia cho tổng số máy sẽ được phân bổ (MP_i). Về mặt hiệu quả, khối lượng công việc ban đầu càng dài thì càng có nhiều máy được phân bổ cho quá trình đó dẫn đến thời lượng giảm xuống.

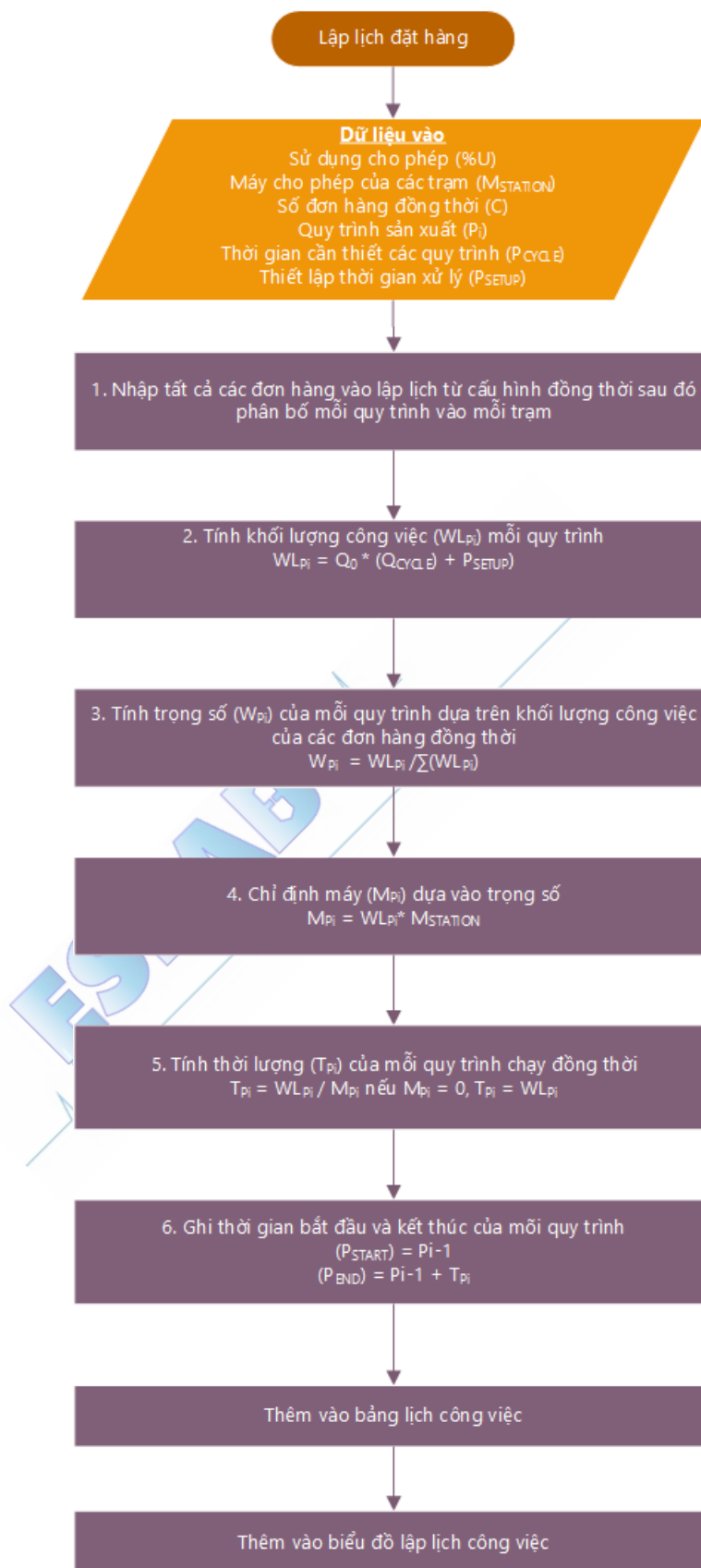
Cuối cùng, thời lượng của mọi quá trình có thể được hiển thị trên biểu đồ gantt theo tiêu chí thứ tự được sắp xếp của EDD và SPT tương ứng. Thời gian bắt đầu của quy trình đầu tiên là thời gian mở cửa của nhà máy và thời gian bắt đầu của mọi quy trình khác là thời gian kết thúc của quy trình trước đó ($P_i - 1$). Thời gian kết thúc của quá trình có thể được tính bằng cách lấy thời gian bắt đầu và cộng tổng thời gian đã tính mà quá trình cần để kết thúc $(P_i - 1) + (TP_i)$. Lưu đồ của thuật toán được biểu diễn trong Hình 8 (a).



Hình 8 (a) Lưu đồ lập lịch công việc nối tiếp

(b) Lập lịch song song

Lập lịch song song tương tự như lập lịch nối tiếp, tuy nhiên, điểm khác biệt chính là lập lịch song song có thể xử lý nhiều hơn một đơn hàng tại một thời điểm. Người dùng có thể chỉ định số lượng đơn đặt hàng đồng thời (C) sẽ được xử lý. Đầu tiên, mỗi đơn hàng lưu trữ trong bảng lập kế hoạch đơn hàng được truy xuất và các quy trình của đơn hàng được phân phối đến các trạm thích hợp trong nhà máy (P_i). Tiếp theo, khối lượng công việc của mỗi quy trình trong đơn đặt hàng được tính toán để xác định mỗi quy trình cần bao nhiêu thời gian để hoàn thành (WL_{P_i}). Trong lập lịch song song, khối lượng công việc của đơn đặt hàng cụ thể theo quy trình cụ thể được chia cho tổng của tất cả các đơn đặt hàng đồng thời sử dụng quy trình cụ thể đó để lấy trọng số. Ví dụ: nếu có hai đơn hàng đồng thời được hoàn thành song song và Đơn hàng 1 và Đơn hàng 2 đều sử dụng Quy trình 1, thì trọng số của Quy trình 1 (Đơn hàng 1) được tính như sau: $W_{P1} (O1) = WL_{P1} (O1) / (WL_{P1} (O1) + (WL_{P1} (O2)))$. Phép tính này cân bằng số lượng máy được phân bổ đồng đều giữa cả hai đơn đặt hàng. Sau khi tính xong trọng số, trọng số (W_{P_i}) có thể được nhân với tổng số máy hiện có ($M_{STATION}$) để lấy số lượng máy sẽ được phân bổ cho quy trình đó (M_{P_i}) trong tất cả các đơn đặt hàng đồng thời. Nếu kết quả chứa số thập phân lớn hơn hoặc bằng 5, hãy làm tròn số máy được sử dụng đến số nguyên gần nhất hoặc làm tròn xuống. Khi số lượng máy sẽ được phân bổ được xác định, tổng thời lượng của quy trình cụ thể (TP_i) có thể được tính bằng cách lấy khối lượng công việc ban đầu của quy trình đó WL_{P_i} và chia nó cho tổng số máy được cấp phát (M_{P_i}). Cuối cùng thì thời lượng của mọi quy trình có thể hiển thị trên biểu đồ theo tiêu chí thứ tự được sắp xếp của EDD và SPT tương tự như lập lịch nối tiếp. Lưu đồ của thuật toán được biểu diễn trong Hình 8 (b).



Hình 8 (b) Lưu đồ lập lịch công việc song song

(c) Lập lịch nhiều phần

Lập lịch nhiều thành phần là một thuật toán lập lịch được sử dụng khi có nhiều bộ phận trong một đơn hàng và các bộ phận có sự phụ thuộc cần được nhóm lại với nhau khi sản xuất. Các bộ phận sau đó được lắp ráp để hoàn thành đơn đặt hàng. Thuật toán lập lịch đa thành phần yêu cầu các bộ phận phụ thuộc phải được sản xuất vào thời điểm gần nhất có thể để giảm thời gian chờ đợi hoàn thành từng bộ phận. Thuật toán được sử dụng hoàn thành một đơn đặt hàng tại một thời điểm. Mỗi đơn đặt hàng có nhiều phần và mỗi phần có nhiều quy trình cần được hoàn thành.

Đầu tiên, mỗi đơn hàng đã được lưu trữ trong bảng lập kế hoạch đơn hàng được truy xuất và các quy trình của đơn hàng được phân phối đến các trạm thích hợp trong nhà máy (P_i).

Thứ hai, khối lượng công việc của mỗi quy trình trong mỗi phần của đơn đặt hàng được tính toán để xác định mỗi quy trình mất bao nhiêu thời gian để hoàn thành (WL_{P_i}).

Thứ ba, khối lượng công việc của từng quy trình trong từng bộ phận riêng lẻ được SPT tổng hợp và sắp xếp để xác định bộ phận nào sẽ được hoàn thành nhanh nhất khi được sản xuất. Số lượng khối lượng công việc được tổng hợp và sắp xếp phải bằng tổng số lượng các bộ phận trong đơn đặt hàng.

Trong bước thứ tư, khối lượng của một quá trình cụ thể được tính bằng cách lấy khối lượng công việc của quá trình cụ thể đó và chia kết quả cho tổng tất cả khối lượng công việc của quá trình cụ thể đó trong tất cả các bộ phận. Ví dụ: nếu Đơn hàng 1 (O_1) có tổng cộng 3 phần (Pt_1, Pt_2, Pt_3) và mỗi phần yêu cầu các quy trình sau (P): $Pt_1 > P_1, P_2, P_4$, $Pt_2 > P_1, P_2, P_3$ và $Pt_3 > P_1, P_3, P_4$. Trọng lượng của Pt_1 (P_1) là $WL(Pt_1(P_1)) / [WL(Pt_1(P_1)) + WL(Pt_2(P_1)) + WL(Pt_3(P_1))]$ vì tất cả các bộ phận đều cần P_1 . Trọng số này sẽ xác định có bao nhiêu máy có sẵn sẽ được phân bổ cho quá trình đó trong phần.

Trong bước thứ năm, trọng số (W_{P_i}) có thể được nhân với tổng số máy hiện có cho quy trình đó ($M_{STATION}$) để có được số máy được phân bổ cho quy trình đó (M_{P_i}) và làm tròn thập phân được thực hiện như trong nối tiếp và song song lập kế hoạch.

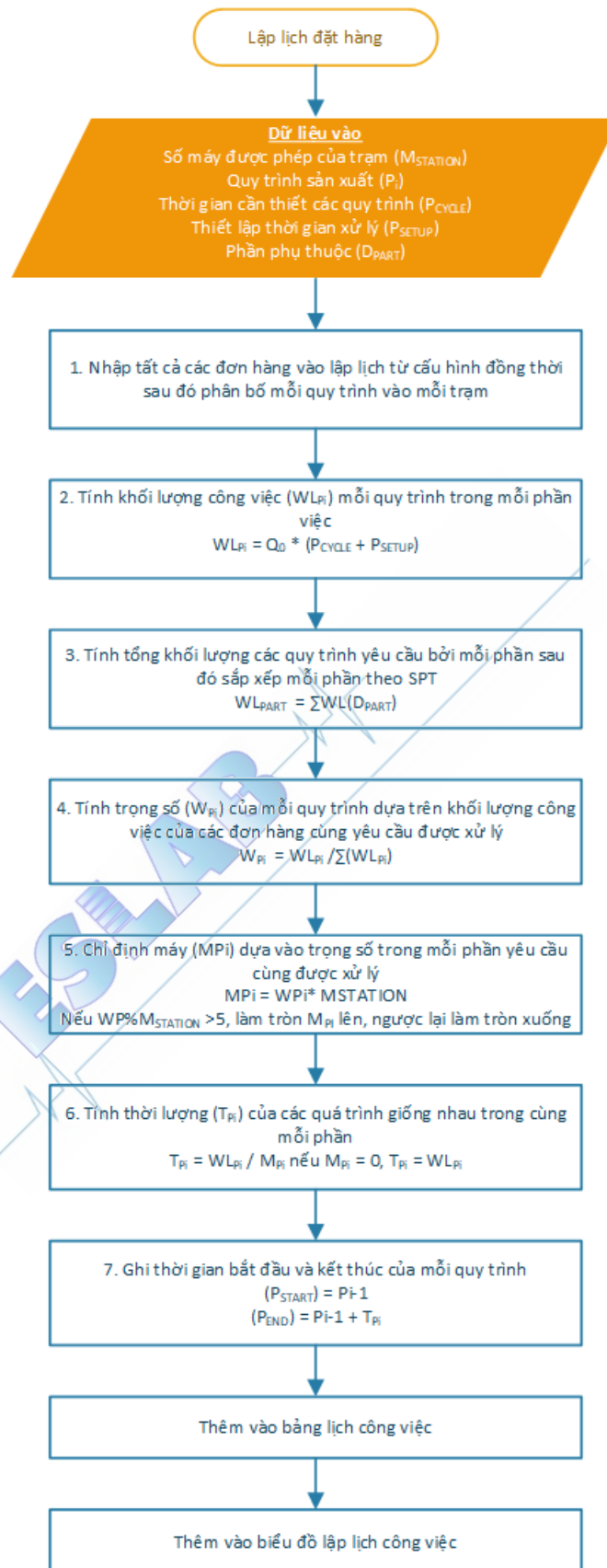
Trong bước thứ sáu, tổng thời lượng của quy trình cụ thể (T_{P_i}) trong một phần cụ thể có thể được tính bằng cách lấy khối lượng công việc ban đầu của quy trình đó WL_{P_i} và chia cho tổng số máy được phân bổ (M_{P_i}).

Cuối cùng, thời lượng của mọi quá trình có thể được hiển thị trên biểu đồ gantt theo tiêu chí thứ tự được sắp xếp của EDD và SPT. Lưu ý rằng tất cả các phần trong đơn hàng phải hoàn thành trước khi bắt đầu đơn hàng tiếp theo. Thuật toán đa thành

phần thực hiện nhiệm vụ kép là đảm bảo rằng các quy trình có khối lượng công việc lớn sẽ nhận được nhiều máy hơn được phân bổ cho nó và đảm bảo rằng các phân đòi hỏi thời gian ngắn nhất sẽ được xử lý trước. Lưu đồ của thuật toán được biểu diễn trong Hình 8 (c).

Ba thuật toán lập kế hoạch này cố gắng giảm thời gian sản xuất tổng thể, giảm độ trễ và tăng năng suất tổng thể trong nhà máy.





Hình 8 (c) Lưu đồ lập lịch công việc nhiều phần